

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
FAKULTA TEXTILNÍ**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**LIBEREC 2013**

**ŠTĚPÁN VÁVRA**

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**



Studijní program: B3107 Textil  
Studijní obor: 3107R007 Textilní marketing

**ZVÝŠENÍ TEPELNÉHO ODPORU  
CYKLODRESU POMOCÍ PŘÍDAVNÉ  
VZDUCHOVÉ MEZERY**

**IMPROVEMENT OF THERMAL RESISTANCE  
OF CYCLING JERSEY BY ADDING SIMPLE  
AIR GAP**

Štěpán Vávra

KHT-943

**Vedoucí bakalářské práce:** Prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.

**Rozsah práce:**

Počet stran textu ...35

Počet obrázků .....8

Počet tabulek .....5

Počet grafů.....6

## PROHLÁŠENÍ

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci dne 25.5.2013

.....  
Podpis

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Štěpán Vávra  
Osobní číslo: T10000346  
Studijní program: B3107 Textil  
Studijní obor: Textilní marketing  
Název tématu: Zvýšení tepelného odporu cyklodresu pomocí přídatné vzduchové mezery  
Zadávací katedra: Katedra hodnocení textilií

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Uveďte stručný přehled poznatků o komfortu textilií a způsobech jeho hodnocení, zejména pak hodnocení jejich tepelného odporu přístrojem ALAMBETA, paropropustnosti přístrojem PERMETEST a prodyšnosti přístrojem FX 3300.
2. Stručně popište cyklistické dresy, včetně jejich struktury a složení a jejich nevýhody při dlouhých sjezdech, kdy sportovec je často vystaven vysokému chladicímu účinku rychle proudícího vzduchu. Opatřete standardní cyklistický dres a proměřte jeho termofyziologický komfort přístroji dle bodu 1. zadání.
3. Uvedený dres doplňte jednoduchým přídatným zařízením na zvyšování tepelného odporu soustavy pokožka - dres na principu zvýšené tloušťky vzduchové mezivrstvy, které bude moci sportovec v případě potřeby sám okamžitě aplikovat.
4. Pomocí přístrojů dle bodu 1 pak proměřte závislost tepelného a výparného odporu upraveného dresu na tloušťce přídatné vzduchové mezivrstvy. Tepelný odpor při různé tloušťce mezery pak dle možností ještě ověřte přístrojem PERMETEST při rychlosti proudění 2 m/s, aby byla respektována i prodyšnost textilie.
5. Sestavte jednoduchý tepelný model tepelného odporu vzduchové mezery zahrnující sdílení tepla vedením a volnou konvekcí v horizontální mezeře a výsledky porovnejte s výše uvedeným experimentem. Dle možností ověřte funkčnost upraveného dresu při vlastní sportovní aktivitě a výsledek komentujte.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. Hes L., Sluka, P.: Úvod do komfortu textilií. Skriptum TUL-FT, Liberec 2005
2. Straka Š.: Komfort cyklodresů firmy AUTHOR a jeho využití v marketingu. Bakalářská práce, TUL- FT, Liberec 2008

Vedoucí bakalářské práce:

**prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.**

Katedra hodnocení textilií

Datum zadání bakalářské práce:

**31. října 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**27. května 2013**

Ing. Jana Drašarová, Ph.D.

děkanka



L.S.

Ing. Vladimír Bajžík, Ph.D.

vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2012

## **PODĚKOVÁNÍ**

Především bych chtěl poděkovat Prof. Ing. Luboši Hesovi DrSc. za pomoc při rozvoji původního nápadu a stanovení základní myšlenky pokusu. Za jeho srdečnou ochotu při pomoci s měřením v laboratoři a při teoretických výpočtech.

## **ANOTACE**

Bakalářská práce pojednává o různých pohledech na komfort nošení cyklistických dresů. Cílem bakalářské práce je realizace a vyhodnocení pokusu přidání přídavného zařízení na zvyšování tepelného odporu cyklistického dresu.

### **KLÍČOVÁ SLOVA:**

Termofyziologický komfort

Výparný odpor

Tepelný odpor

Prodyšnost

PERMETEST

TEXTTEST FX 3300

Alambeta

## **ANNOTATION**

The aim of this study is to focus on thermo- physiological comfort of cycling jersey, experiment of improving thermal resistance by adding air gap into the structure of cycling jersey.

### **KEY WORDS:**

Thermo-physiological character

Evaporative resistance

Thermal resistance

Air permeability

PERMETEST

TEXTTEST FX 3300

Alambeta

**Obsah:**

1. ÚVOD .....	7
2. KOMFORT ODĚVŮ	
2.1 Stručný přehled poznatků o komfortu oděvů.....	8
2.2 Hodnocení komfortu oděvů .....	9
2.3 Termoregulační systém lidského těla .....	11
2.4 Princip měření výparného odporu a paropropustnosti- Permetest.....	12
2.5 Měření tepelně- izolačních vlastností- Alambeta .....	13
2.6 Měření prodyšnosti- Textest FX3300 .....	14
3. KOMFORT CYKLISTICKÝCH DRESŮ	
3.1 Produkce tepla.....	15
3.2 Výdej tepla .....	15
3.3 Použití poznatků o potřebách zachování a odevzdání tepla.....	17
3.4 Popis vybraného cyklistického dresu.....	18
3.5 Psychologický komfort cyklistických dresů .....	21
3.6 Termofyziologický komfort cyklistických dresů.....	22
4. UVEDENÝ DRES DOPLNĚNÝ JEDNODUCHÝM PŘÍDAVNÝM ZAŘÍZENÍM NA ZVYŠOVÁNÍ TEPELNÉHO ODPORU	
4.1 Popis konstrukce přídatného zařízení .....	24
5. ZÁVISLOST TEPELNÉHO A VÝPARNÉHO ODPORU UPRAVENÉHO DRESU NA TLOUŠŤCE PŘÍDAVNÉ VZDUCHOVÉ MEZIVRSTVY	
5.1 Měření závislosti výparného odporu na tloušťce vložené mezivrstvy - Permetest .....	26
5.2 Měření závislosti tepelného odporu na tloušťce vložené mezivrstvy - Alambeta.....	29
5.3 Měření prodyšnosti v závislosti na tloušťce vložené mezivrstvy - FX3300 .....	32
6. TEPELNÝ ODPOR VZDUCHOVÉ MEZERY	
6.1 Tepelný tok .....	33
6.2 Sdílení tepla .....	34
6.3 Teoretický výpočet tepelného odporu systému .....	35
6.4 Porovnání naměřených výsledků s teoretickým výpočtem.....	38
7. ZÁVĚR	
7.1 Subjektivní zhodnocení výsledků pokusu.....	39
7.2 Ověření funkčnosti upraveného dresu při vlastní sportovní aktivitě .....	41
Seznam použité literatury, webových stránek .....	43
Seznam obrázků, tabulek.....	43
Seznam grafů a vzorců použitých pro teoretický výpočet.....	44



## 1 Úvod

Hlavním cílem této práce je realizace a vyhodnocení pokusu přidání přídavného zařízení na zvyšování tepelného odporu cyklistického dresu. Teoretický přehled poznatků o termo- fyziologickém komfortu textilií a jeho hodnocení.

Inspirací základní myšlenky byly bundy značky GORE-TEX®, které se v předešlém roce objevily na trhu textilních výrobků. Tyto bundy jsou vybaveny systémem vzduchových kanálů, které uživatel ústy nafoukne, a tím si zvýší tepelně- izolační vlastnosti bundy. Tímto buna poskytuje vlastnosti pro větší teplotní rozsah používání. Proč tedy nezkusit, jak významně toto zařízení přispívá zvýšení tepelného odporu a změnám dalších vlastností z hlediska komfortu textilií. Jako nejjednodušší a dostupná technologie výroby podobného systému v domácích podmínkách, bylo zvoleno vytvoření těchto kanálků z polypropylénových folií, ze kterých byly vyříznuty a svařeny obdélníkové tvary, které po nafouknutí vytvářejí válec s vzdušným obsahem. Následně byl tento systém kanálků aplikován na cyklistický dres a stanoveny cíle, kterých bychom měly touto aplikací dosáhnout.

V teoretické části jsou stručně uvedeny poznatky o hodnocení termo- fyziologického komfortu textilií dle rozsahu výuky. Dále popis vybraného cyklistického dresu použitého k realizaci pokusu, popis realizace pokusu.

Praktická část zahrnuje laboratorní měření vybraných vlastností pokusného vzorku a posouzení naměřených hodnot. Dalším bodem je teoretický výpočet, jak by dané zařízení mělo fungovat v modelové, značně zjednodušené situaci.

Závěrem velmi stručné zhodnocení pokusu a poznatků během pokusu z hlediska termo- fyziologického komfortu textilií.

## 2 Komfort oděvů

### 2.1 Stručný přehled poznatků o komfortu oděvů

V konkurenčním boji textilních výrobců je důležité vždy nějak odlišit vlastní výrobek od ostatních na základě různých aspektů. Jedním z aspektů je nějaká přidaná, jedinečná vlastnost, kterou disponuje právě jen daný výrobek. Komfort textilií sleduje a popisuje určité vlastnosti ve vztahu přímo k uživateli koncového výrobku. Je tedy potřeba zařídit, aby daný výrobek byl co nejbližší uživateli svými vlastnostmi, a tím je možné jej odlišit od ostatních. Od každého oděvu očekává spotřebitel jiné vlastnosti právě vzhledem k jeho použití. Za daných okolností použití se musí cítit dobře, činnost organismu nesmí být narušena nebo ovlivněna, neměly by se objevit nepříjemné, či dokonce bolestivé vjemy, způsobené používáním oděvu. Pro každé použití jsou tedy očekávány naprosto jiné vlastnosti a parametry oděvu k dosažení pohodlí nositele.

Komfort oděvu vnímáme ze dvou různých pohledů. Prvním pohledem je pohled vnímaný naší myslí. Oděv poskytuje psychologické pohodlí, když splňuje požadovaná kulturní, sociální a etnická hlediska. Dále pak splňuje požadavky spotřebitele na cenu z ekonomického hlediska užité hodnoty a splňuje požadavky na klimatické podmínky prostředí nošení.

Druhým pohledem je vnímané pohodlí z hlediska pocitů, vyvolaných nošením oděvu, při přímém styku pokožky a oděvu. Tyto vjemy by neměly být nepříjemné, dráždivé nebo bolestivé. Sleduje se povrchová struktura, mechanické vlastnosti a schopnost textilie propouštět, či absorbovat plynnou a kapalnou vlhkost. První pocity při styku pokožky a oděvu, vyvolané dotykem prstů, dlaně, charakterizuje veličina zvaná omak. Jedná se o naprosto subjektivní vjem každého člověka, který tedy nelze přesně definovat. Omak zahrnuje hladkost, tuhost, splývavost, objemnost a tepelně- kontaktní vjem- jestli dotek vyvolá hřejivý či chladivý pocit.

***Stephanovo pravidlo smyslového vnímání:***

***Vnímaný pocit  $P$  je úměrný velikosti fyzikálního stimulu  $I$  podle vztahu  $P = d I^n$  <sup>1</sup>***

---

1 Hes L., Sluka P.: Úvod do komfortu textilií, Liberec 2005, str.: 9

Pro každý lidský smysl vnímání je tedy velikost stimulu jiná. Smyslové receptory jsou umístěny ve struktuře lidské pokožky a poskytují informace o pocitech tlaku, bolesti, chladu, tepla atd. Na povrchu lidské pokožky se nacházejí místa s větším a menším shlukem těchto receptorů, některá místa jsou tedy méně citlivá na vnímané podměty (např.: oblast zad). Ve struktuře pokožky lze také najít potní žlázy, které svou produkcí kapalné nebo plynné vlhkosti udržují tělesnou teplotu.

#### Vlastnosti oděvu a síly ovlivňující komfort nošení:

- Mechanické vlastnosti. Pohodlí nošení oděvu je ovlivněno působením sil ve vztahu oděv- člověk. Váha oděvu, jeho tuhost, nebo splývavost mohou vyvolávat nepříjemné tlakové síly a nepříznivě ovlivnit komfort nošení.

Základní mechanické vlastnosti vnímané při styku pokožky s textilií:

– koeficient tření	$f_s$
– drsnost povrchu	$D_f$
– tloušťka textilie (plošná m)	$h$ [mm]
– stlačitelnost	$S$
– tepelná jímavost	$b$ [ $W \cdot m^{-2} K^{-1} s^{-0,5}$ ]
– roztlačnost	$\epsilon$ [%]
– ohybová tuhost	$B$ [ $10^{-7} Nm^{-2}$ ]
– smyková tuhost	$G$ [ $g \cdot m^{-2}$ ]

- Termofiziologické vlastnosti
- Fyzikálně- optické vlastnosti (např.: propustnost UV záření)
- Hygienické vlastnosti (např.: bakteriostatická, bakteriocidní úprava)

## 2.2 Hodnocení komfortu textilií

Jak bylo již řečeno, hodnocení komfortu z vnímaných pocitů při styku textilie s pokožkou je naprosto subjektivní.

Je tedy velmi těžké stanovit přímé parametry jednotlivě působících vjemů, které by měla daná textilie splňovat. Proto bylo stanoveno několik objektivních metod hodnocení komfortu.

Termofyziologický a sensorický komfort, hodnocení je založeno na přiřazení určitého koeficientu významnosti každé sledované vlastnosti.

*Dr. Meechels a Dr. Umbach z Institutu oděvní hygieny v Hohensteinu v Německu pomocí rozsáhlého experimentálního výzkumu sestavili empirické vztahy pro objektivní hodnocení celkového komfortu i jeho složek.*

*Termofyziologický komfort:*  $TK_T = \alpha_1 i_{mt} + \alpha_2 F_i + \alpha_3 K_d + \alpha_4 \beta_T + \alpha_5 K_f + \beta$

$i_{mt}$  -index prostupu vodních par

$F_i$  -schopnost krátkodobého přimání par [%]

$K_d$  -hodnota vyrovnávání vlhkosti

$\beta_T$  -hodnota vyrovnávání vlhkosti [ $K \cdot \min^{-1}$ ]

$K_f$  -pufrační veličina

$\alpha_1 = -5,640$  ,  $\alpha_2 = -0,375$  ,  $\alpha_3 = -1,587$  ,  $\alpha_4 = -4,512$  ,  $\alpha_5 = -4,532$  ,  $\beta = 11,553$

*Sensorický komfort:*  $TK_H = \alpha_1 i_{mt} + \alpha_2 i_k + \alpha_3 i_B + \alpha_4 i_o + \alpha_5 n_k + \alpha_6 s + \beta$

$i_{mt}$  -index prostupu vodních par

$i_o$  -povrchový index

$n_k$  -počet dotykových bodů

$i_k$  -index lepivosti

$i_B$  -index snášivosti

$i_o$  -povrchový index

$n_k$  -počet dotykových bodů

$\alpha_1 = -2,537$   $\alpha_2 = 1,88 \cdot 10^{-2}$   $\alpha_3 = 2,29 \cdot 10^{-3}$   $\alpha_4 = 2,09 \cdot 10^{-2}$   $\alpha_5 = 1,71 \cdot 10^{-3}$

$\alpha_6 = 3,86 \cdot 10^{-2}$   $\beta = 0,36$

$TK_{celkový} = 0,34 TK_H + 0,66 TK_T$  <sup>2</sup>

K hodnocení termofyziologického komfortu textilií byly vyvinuty různé technologie, přístroje a parametry, simulující příslušný fyzikální děj, odehrávající se v soustavě oděv- lidská pokožka, v laboratorních podmínkách. Každý ústav zkoumající textilie používá své osvědčené metody. V prostředí Textilní fakulty Technické univerzity v Liberci, se k hodnocení termofyziologických vlastností textilií, ve vztahu k vnímanému komfortu, používají přístroje Alambeta a přístroje typu skin- model Permetest.

## 2.3 Termoregulační systém lidského těla

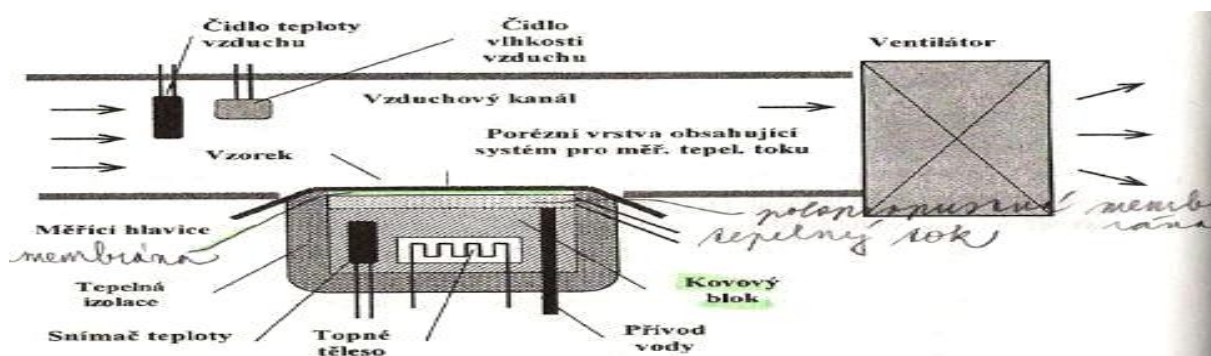
Lidský organismus produkuje teplo jako produkt metabolické činnosti. Zvýšené množství tepla je produkováno při svalové aktivitě. Zdroje tepla jsou v lidském těle lokální. Jeho rozvod po celém těle, a tím udržení tělesné teploty, zajišťuje krevní oběh. Vnitřní teplotu organismu je potřeba udržet cca 37°C, aby mohly optimálně probíhat životní funkce. Tělesná teplota člověka se tedy v různých částech liší, nejnižší teplotu mají koncové části, např.: ruce nohy atd. Pocit chladu ani pocení nenastává při optimálních okolních podmínkách, tzn. okolní teplota cca 25°C a relativní vlhkost vzduchu okolo 50%. Při rostoucí tělesné teplotě dochází k pocení, kdy jsou na povrchu kůže vylučovány a odpařovány kapalně látky ve formě potu. Pro zajištění komfortu je důležité sladit systém oděvu tak, aby byl schopný odvádět tuto kapalnou a plynnou vlhkost do své struktury, a dále do okolního prostředí. Dále musí poskytnout dostatečnou izolaci a ochranu proti větru za daných podmínek použití. V ideální jednoúčelové konstrukci oděvu by se při daném použití neměl uživatel potit a neměl by ani pociťovat pocit chladu. Toto ovšem není, vzhledem k lidské činnosti, dokonale možné. Je tedy nutné se tomuto alespoň přiblížit. Znamenalo by to, že by člověk musel měnit svůj oděv při každé změně činnosti a s tím související tělesné aktivitě. Tepelný komfort, a s tím související přechod tepla, ovlivňují především tyto parametry okolního prostředí: relativní vlhkost vzduchu  $\phi$ , rychlost proudění okolního vzduchu  $v_a$  a rozdíl teplot prostředí  $\Delta t$ . Lze tedy jednoznačně říci, že pro každou lidskou činnost je třeba volit jinou konstrukci oděvu vzhledem k tomu, kolik tepla je třeba během této činnosti odevzdat do okolí. Oděv odděluje lidské tělo přímo od okolního prostředí a chrání jej před jeho nepříznivými vlivy na organismus.

Oděvem tedy neustále dochází k prostupu tepla a vlhkosti, je důležité se zabývat konstrukcí oděvu jako celku, tzn. všech jeho vrstev. Tyto vrstvy pak uvažujeme jako celek, ne pouze jednu z několika vrstev vzhledem k tomu, že vlastnosti jedné vrstvy přímo ovlivňují stav a vlastnosti další vrstvy. Například pro spodní vrstvy oděvu je vhodné použít materiály snadno odvádějící vlhkost od pokožky (nevhodné jsou přírodní materiály vzhledem k vysoké nasákavosti), tak aby nebyl v tomto důsledku vyvolán pocit chladu. Další vrstva oděvu by měla také zaručovat dostatečný odvod vlhkosti dále od těla, ideální jsou opět syntetické materiály. Pro použití v chladnějším prostředí je nutné zvolit další vrstvu oděvu tak, aby poskytla dostatečnou izolaci a prodyšnost. Pro samostatné části lidského těla je potřeba také vybrat vhodnou ochranu před okolními vlivy, vzhledem ke konstrukci celého oděvu, např.: rukavice, ponožky boty... Pro transport vlhkosti z povrchu pokožky do okolí je nutný rozdíl parciálních tlaků vodních par na povrchu pokožky a v okolí, když je rozdíl malý, nebo žádný, nebude docházet k endotermickému procesu, a systém ochlazování bude neúčinný.

## 2.4 Princip měření výparného odporu a paropropustnosti- Permetest

Pro určení a objektivní posouzení propustnosti textilie pro vodní páry je používána technologie tzv. skin- model, na jehož principu funguje i přístroj Permetest. Podstatou zkoušky je měření tepelného toku procházejícího povrchem tepelného modelu lidské pokožky. Přístroj je založen na přímém měření tepelného toku  $q$  procházejícího povrchem modelu, který je zahříván a vlhčen tak, aby docházelo k simulaci ochlazování pokožky pocením.

Obr.č.: 1: Permetest <sup>3</sup>



Měřicí hlava přístroje je vyhřívána elektrickou topnou spirálou na teplotu okolního vzduchu. Přiváděná voda se pak v porézní hlavici mění na páru, která dále prochází přes separační fólii měřenou textilií (aby byla oddělena kapalná složka). Tepelný výparný tok je měřen speciálním čidlem.

Jeho naměřené hodnoty jsou pak přímo úměrné paropropustnosti a nepřímo úměrné výparnému odporu. Při každém měření je nutné nejprve měřit aktuální výparný odpor bez vzorku, bezprostředně po tom se vzorkem. Z těchto hodnot je pak vypočtena relativní propustnost pro vodní páru. Bez vlhčení hlavy je měřen odpor vzorku proti prostupu tepla při definované teplotě. Přístroj umožňuje nedestruktivní měření, není třeba extrahovat z textilie vzorek určitých rozměrů. Pro volný povrch pokožky bez oděvu platí 100% paropropustnost, a 0% znamená nepropustnost textilie pro vodní páru.

Relativní propustnost pro vodní páru:

$p = 100(q_1/q_2) [\%]$  ...  $q_1$ ... tepelný tok procházející přístrojem bez vzorku

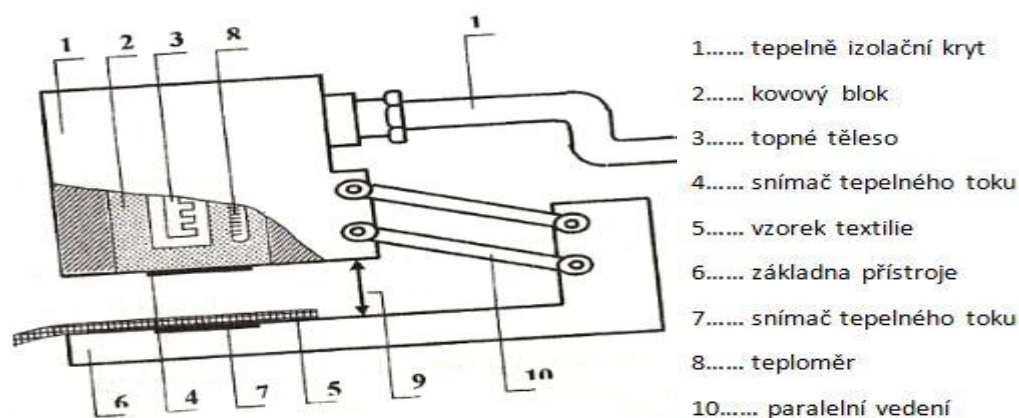
$q_2$ ... tepelný tok procházející přístrojem s vloženým vzorkem

Tepelný odpor:  $R_{et} = (t_m - t_a) \cdot (q_1^{-1} - q_0^{-1}) [Pa \cdot m^2/W]$

## 2.5 Měření tepelně- izolačních vlastností- Alambeta

Měření probíhá opět nedestruktivní metodou termofyzikální a tepelně izolační vlastnosti zkoumané textilie. Pro posouzení teploty omaku byl stanoven parametr tepelné jímavosti. Přístroj měří tepelný tok mezi vyhřívanou kovovou deskou (32°C odpovídá teplotě lidské pokožky) a přitlačnou plochou se speciálním čidlem, mezi které je vložena měřená textilie.

Obr.č.: 2: Alambeta <sup>4</sup>



Měřené parametry: Tloušťka materiálu  $h$  [mm]

Měrná tepelná vodivost  $\lambda$  [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \text{K}^{-1}$ ]

- množství tepla, které proteče jednotkou délky za jednotku času a vytvoří rozdíl teplot o velikosti 1K, vyjadřuje schopnost materiálu vést teplo

Plošný odpor vedení tepla  $r$  [ $\text{W}^{-1} \text{K} \cdot \text{m}^2$ ] =  $h / \lambda \cdot 10^{-3}$

- odpor kladený materiálem proti průchodu tepla, čím nižší je tepelná vodivost, tím vyšší je tepelný odpor

Tepelný tok  $q$  [ $\text{W} / \text{m}^2$ ]

- množství tepla šířící se z vyhřívané hlavice přístroje o teplotě  $t_1$  do textilie o teplotě  $t_2$  za jednotku času

Měrná teplotní vodivost  $a$  [ $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ]

- popisuje schopnost textilie vyrovnat teplotní změnu, čím vyšší je teplotní vodivost, tím rychleji materiál vyrovná teplotu

Tepelná jímavost  $b$  [ $\text{W s}^{0,5} \text{K}^{-1}$ ]

- speciální parametr charakterizující tepelný omak, představuje množství tepla, které projde při rozdílu teplot 1K jednotkou plochy za určitou dobu, čím větší tepelná jímavost, tím chladnější pocítíme omak

## 2.6 Měření prodyšnosti- Textest FX 3300

Obr.č.:3: Textest <sup>5</sup>

Elektronický přístroj pro měření propustnosti textilií pro vzduch–prodyšnost. Princip spočívá ve vytvoření tlakového rozdílu mezi oběma povrchy zkoušené textilie, a následného měření průtoku vzduchu. Jedná se o nedestrukční způsob měření, textilie se tedy dá vložit vcelku. Měřená plocha činí  $5 \text{ cm}^2$ , výchozí jednotka měření je [ $1/\text{m}^2/\text{s}$ ]. Žádoucí velikost propustnosti je různá, podle požadavků na oděv, např.: u cyklistického dresu je vysoká prodyšnost žádoucí, naproti tomu u zimní bundy ne.



---

5 dostupné z: [<http://www.aticorporation.com/textest.html>] dne 25.11.2012



### 3 Komfort cyklistických dresů

#### 3.1 Produkce tepla

Člověk jako živočich je vybaven funkcí udržování stálé vlastní tělesné teploty. Tělesná teplota je udržována na cca 37°C uvnitř těla tak, aby byly zajištěny optimální podmínky pro metabolické procesy. Teplo je produkováno jako jeden z produktů metabolických procesů organismu, největším producentem tepla uvnitř těla jsou játra. Teplo je také produkováno svalovou činností. Během aktivní svalové činnosti, nějaké práci, výrazně stoupá produkce tepla. Udržování tělesné teploty zajišťuje cévní systém a krevní oběh. Krev je schopna z míst o vyšší teplotě transportovat a odevzdat teplo v místech o nižší teplotě. Vlivem zvýšené teploty dochází k roztažení cév, a tím zvýšenému průtoku krve. Primárním cílem termoregulace je udržení teploty tělesného jádra, ostatní, především koncové části mají nižší teplotu. Pokles teploty tělesného jádra by způsobil celkový kolaps metabolismu, naproti tomu ostatní části, např.: ruce, nohy, povrch pokožky, nejsou tolik choulostivé na změnu teploty a jejich vlastní optimální teplota je výrazně nižší, jejich teplota silně kolísá. Jako základní izolace lidského těla od okolí slouží pokožka, vrstvy podkožního tuku a svalstva. Veškeré metabolické procesy produkce tepla jsou hormonálně řízeny, a proto jejich činnost nemůžeme ovlivnit vlastní myslí. Při snížení teploty a nedostatečné produkci metabolického tepla k udržení stavu je vyvolána umělá svalová aktivita, a člověk pocítuje tzv. svalový třes. Tělesná teplota je tedy udržována neustálou výrobou tepla a jeho odevzdáváním do okolí. Jestliže je tvorba tepla větší než tepelné ztráty, tak se teplota těla zvyšuje a naopak. Teplo je v organismu rozváděno pomocí krevního oběhu, ale také sáláním a vedením mezi jednotlivými vnitřními částmi.

#### 3.2 Výdej tepla

Teplo je z povrchu lidského těla neustále odevzdáváno do okolního prostředí. V případě zvýšené produkce tepla, a tím teploty organismu, je to kýžený děj. Při chladných okolních podmínkách, a tím snížené produkci tepla, je naopak potřeba zabezpečit potřebnou izolaci od okolí tak, aby se zamezilo přílišnému výdeji tepla organismu.

Způsoby odevzdávání tepla do okolí:

- Odparem- tzv. evaporací

Během procesu dýchání je nadechovaný vzduch v plicích ohříván a zvlhčován, a následně vydechován do okolí. V plicích přebírá teplo z krve, při výdechu jej odevzdává do okolí. Zvlhčený vzduch má větší tepelnou vodivost.  $q_{\text{vedený}} = \Delta T / R$  ...  $R$  vzduchu je přibližně 0,17. Dalším způsobem, účinným i při zvýšené okolní teplotě, je odpařování potu z povrchu lidské pokožky. Na povrchu pokožky je neustále potními žlázami vylučována vlhkost ve formě potu. Při zvýšené teplotě je produkce potu vyšší, a proto se člověk potí. Odpařování potu je endotermický děj, při kterém je teplo potřebné k odpaření sbíráno z okolí – pokožky a krve v ní obsažené, a tím je zajištěno její ochlazování. Vodní páry difundují na základě rozdílu parciálních tlaků vodních par z míst většího tlaku, do míst nižšího tlaku. Tento proces se stává neúčinným při vysoké okolní vlhkosti vzduchu (nad cca 90%).

- Sáláním- tzv. radiací

Představuje až 30% celkového tepelného toku. Energie je vyzařována ze všech předmětů teplejších než 0K do okolí ve formě infračervených paprsků. Když je tělesná teplota člověka vyšší než okolní teplota, tak je energie vydávána do okolí a naopak.

- Prouděním- tzv. konvekcí

Teplo je předáváno přímo z povrchu pokožky do okolní vrstvy vzduchu, kterou ohřívá. Vzduch neustále proudí kolem pokožky tak, že je stále ochlazována. Účinnost se ještě zvýší při vyšších rychlostech okolního proudění- např. vítr. V případech potřeby zvýšení izolace je nutno tuto okolní vrstvu vzduchu stabilizovat tak, aby nedocházelo k přílišnému proudění a výměnám za neohřátý vzduch.

- Vedením- tzv. kondukcí

Vedením tepla, rychlejší molekuly s vyšší energií předávají část své energie molekulám s nižší energií v okolí. Teplo se odvádí v podobě kinetické energie molekul do těles, která jsou v přímém kontaktu např.: oděv, židle atd.

Okolní vzduch má poměrně malou tepelnou vodivost oproti jiným látkám, proto nejsou ztráty vedením tepla vzduchem natolik významné. Naproti tomu např. voda má výrazně vyšší tepelnou vodivost a tím dochází k velkým tepelným ztrátám- ochlazování v jejím kontaktu s pokožkou.

#### Celková tepelná bilance organismu

$$(M - L) / A_{DU} + q_{\text{vedením}} + q_{\text{prouděním}} + q_{\text{zářením}} - q_{\text{ins}} - q_{\text{persp}} - q_{\text{akum}} = 0$$

$A_{DU}$  ..... Povrch lidského těla [ $m^2$ ], cca 1,8  $m^2$

$M$  ..... Základní metabolický výkon [ $W$ ]

$L$  ..... Pracovní výkon člověka- fyzická práce [ $W$ ]

$q_{\text{ins}}$  ..... Tepelný tok nevnímaným pocením

$q_{\text{resp}}$  ..... Tepelný tok respirační- teplo vydané procesem dýchání

$q_{\text{persp}}$  ..... Tepelný tok perspirační- teplo odvedené potními žlázami <sup>6</sup>

Je tedy patrné, že celkové teplo vyrobené organismem, bude rovné teplu odevzdanému do okolního prostředí. Množství tepla odevzdaného vedením, prouděním a zářením je možné ovlivnit a přímo záleží na konstrukci oděvu.

### 3.3 Použití poznatků o potřebách zachování a odevzdání tepla

Pro poskytnutí organismu potřebného komfortu během zvýšené fyzické aktivity- sportu- jízdy na kole, je nutné napomáhat termoregulačnímu systému lidského těla ve vyrovnávání změn jeho teploty. Byl zvolen oděv ve formě cyklistického jednovrstvého dresu. Sportovec se před jízdou jednoduše a rychle oblékne, konstrukce dresu by měla zamezit přílišnému transportu tepla do jeho okolí- tepelnou izolaci, zároveň by měla být dostatečně prodyšná pro vodní páry potu tak, aby nebyl sportovec vystaven pocitům chladu- nedostatečné izolace, a pocitům přehřátí- příliš velká izolace, neprodyšnost. Takovýto účelový jednovrstvý oděv by měl být vyroben ze syntetických nenavlhavých materiálů tak, aby svou konstrukcí umožňoval okamžitý transport vlhkosti směrem od pokožky, nezpůsobil chladivý omak- efekt způsobený navlhlou textilií. Dalšími konstrukčními prvky oděvu mohou být kapsy nebo bezpečnostní reflexní pásy, poskytující uživateli pohodlí z dalšího hlediska užitné hodnoty.

---

6 Hes L., Sluka P.: Úvod do komfortu textilií Liberec 2005, str.: 45

Samotná sportovní aktivita, jízda na jízdním kole, se skládá z období extrémní fyzické aktivity (souvislá jízda do kopce), a období snížené aktivity svalstva- tím snížené produkci tepla (volná jízda z kopce). Z tohoto důvodu je velmi obtížné stanovit oděv, který by splňoval požadavky na tepelnou izolaci při snížené aktivitě, a naopak dostatečnou prodyšnost a malou tepelnou izolaci při fyzické zátěži. Cyklistický dres by tedy měl vytvářet kolem pokožky člověka co nejpříjemnější prostředí za každých okolností při dané sportovní aktivitě.

Dalším úkolem cyklistického dresu je obemknout přímo tělo sportovce, aby byl přilnavý, neodstával od povrchu, a tím nezvyšoval odpor okolního proudícího vzduchu pro jízdu. Je tedy nutné, aby byl použitý materiál pružný, kontraktilní a tuto vlastnost si zachoval během celé své životnosti. Proto se pro výrobu těchto dresů se používají plošné textilie ve formě pleteniny ze syntetických přízí s příměsí elastanu.

Prodyšnosti je dosaženo přímo konstrukcí pleteniny, mezerami mezi očky jednoduše proniká vodní pára, vlhkost ve formě potu je rychle odváděna po povrchu vláken do struktury textilie. Používané příze ze syntetických materiálů zvětšují mezi vlákenné prostory svým tvarem. Vzduch obsažený v těchto prostorách zároveň funguje jako tepelná izolace, nedochází k jeho rychlé výměně s okolním vzduchem. Tepelná izolace záleží na tepelném odporu použitých syntetických materiálů, tloušťce a konstrukci pleteniny.

Cyklistické dresy vybírá spotřebitel přímo na svoji velikost a podle pohlaví, může se lišit střih.

### 3.4 Popis vybraného cyklistického dresu

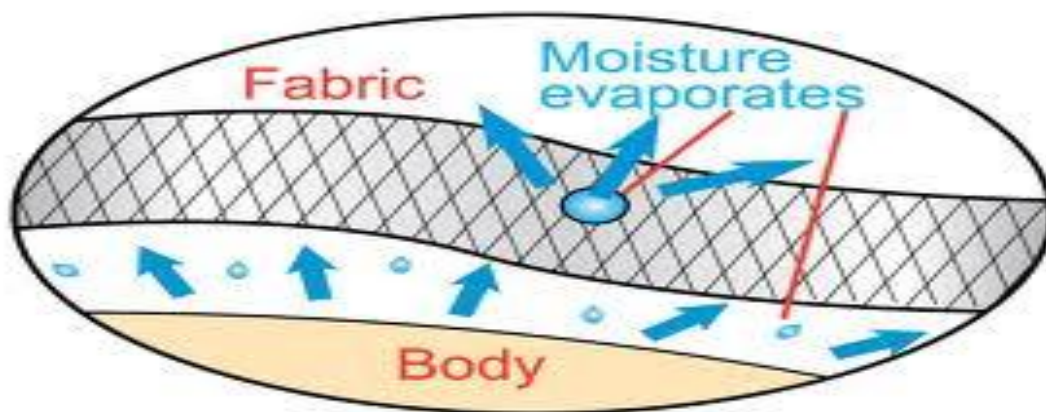
#### **Pánské cyklistické sportovní tričko ARCORE RMT001 TAPAS.**

Tričko určené pro sportovní aktivity, především cyklisty, pánského střihu v provedení několika velikostí, černé barvy. Prodávané výhradně obchodním řetězcem Sportisimo s.r.o., jehož sortiment tvoří sportovní oblečení a doplňky.

Jedná se o speciálně zaměřený produkt zvláštních vlastností pro daný účel. Velmi lehká oboustranná pletenina ze směsové příze 90% polyester a 10% elastan. Materiálové složení a konstrukce pleteniny přináší velmi jemný omak, výbornou splývavost, pružnost a pocitově se přibližuje omaku přírodních materiálů. Zachovává si barevnou a tvarovou stálost.

Syntetická vlákna nepodléhají degradaci působením vnějších vlivů v uživatelských podmínkách, nejsou nasáková pro okolní látky, a tím nezadržují vlhkost, což zaručuje příjemný a hřejivý omak i za vlhka.

Syntetická vlákna trička ARCORE RMT001 mají zvláštní úpravu, jedná se o funkční materiál obchodního názvu WICKING. Tato technologie zaručuje odvod vlhkosti a potu z povrchu pokožky, její následné urychlené odpaření na povrchu textilie. Tyto textilie nejsou navlhavé a výrazně nezvětšují svojí hmotnost za vlhka. WICKING technologie využívá speciální polyesterová vlákna, která svým tvarem vytváří velkou plochu pro šíření a rozvod vlhkosti do struktury textilie. Vlhkost je snadno vstřebávána do struktury textilie, a ihned odváděna na povrch textilie, kde se následně odpařuje. Prodyšnost a nenavlhavost tohoto materiálu přináší výborný uživatelský komfort právě při sportovních aktivitách. Navlhavost textilie kapalinami zvyšuje součinitel tepelné vodivosti, a tím výrazně snižuje izolační vlastnosti textilie zvýšeným odvodem tepla do okolí. Smáčení různých částí trička během jeho používání je různé, proto je třeba rozvést vlhkost z míst vystavovaných většímu smáčení (např. podpaží, oblast ledvin...), na místa, která nepodléhají tak silnému smáčení (např. části rukávů, zad ...), aby se efektivně zvětšila plocha pro rychlé odpaření vlhkosti. V pórovité struktuře textilie dochází k difúzi vodních par a také kapilárnímu pohybu vlhkosti v kapalném stavu, kdy dochází k pohybu vlhkosti- tzv. transmisi právě po povrchu vláken v pórech, které svou strukturou vytvářejí. Transport kapalné vlhkosti směrem od pokožky umožňuje teplotní a vlhkostní spád. Vodní páry pak difundují na základě rozdílu parciálních tlaků z míst většího tlaku, do míst menšího tlaku. V příznivých neextrémních klimatických podmínkách tedy dochází k šíření páry ve směru od povrchu pokožky do okolí.



Pro užívání toho dresu vyrobeného z funkčního materiálu WICKING byly sledovány tyto vlastnosti:

Tabulka č.: 1 cyklistický dres bez úprav- výsledky měření Alambeta:

<b>Tepelná vodivost <math>\lambda</math></b> [W.m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	0,0429 (V=5,2%)
<b>Tep. jímavost b</b> [W.m <sup>2</sup> .s <sup>1/2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	151 (V=2,8%)
<b>Plošný odpor vedení tepla r</b> [W <sup>-1</sup> .K.m <sup>2</sup> ]	0,0103 (V=4,5%)
<b>Tloušťka</b> [mm]	0,61 (V=3,1%)
<b>Hustota tepelného toku</b> [W.m <sup>2</sup> ]	0,443 (V=3,2%)
<b>Počet měření n</b>	5

V.... variační koeficient [%]

Jednotlivé parametry viz kapitola 2.4

<sup>7</sup> Dostupné z [http://www.henselite.com.au/products/bowls-clothing/ladies-shirts-tops/henselite-promotional-shirts ] dne 26.2.2013

Tabulka č.: 2 cyklistický dres bez úprav- výsledky měření Permetest:

<b>Výparný odpor</b> <b>Ret [m<sup>2</sup>.Pa/W]</b>	2,2 (poč. měření: 5; V= 8,1%)
<b>Relativní propustnost vodních par</b> <b>P [%]</b>	75,8 (poč. měření: 5; V=2,0%)

V.... variační koeficient [%]

Jednotlivé parametry viz kapitola 2.3

Cena dresu cca 400Kč, není třeba speciálních technik údržby

**Symbole údržby:**



### 3.5 Psychologický komfort cyklistických dresů

Volba cyklistického dresu musí přímo souviset s okolními klimatickými podmínkami. Nelze uvažovat použití při extrémních okolních podmínkách, optimální použití dresů tohoto typu je cca 22- 28°C, a z toho je potřeba vycházet. Sport samotný, tedy dres, je potřeba provozovat a používat za příznivých okolních podmínek, za sucha tepla a znatelně nezvýšené rychlosti okolního větru. Pro sportovní vyžití v jiných klimatických podmínkách je potřeba zvolit zcela jiný více vrstvý oděv.

Dalším hlediskem psychologického komfortu jsou vynaložené náklady na pořízení a s tím související vnímaný užitek. Lidé, kteří nemají ve své ekonomické činnosti dostatečné rezervy času a financí na provozování sportu, nemají zcela žádný důvod si takovýto dres pořizovat.

Některým skupinám lidí nedovoluje kulturní tradice nebo sociální cítění vůbec užívat takovýto oděv. Dále záleží na aktuálních módních preferencích a trendech.

### 3.6 Termofyziologický komfort cyklistických dresů

Jak bylo již řečeno, hlavním úkolem dresu je zabezpečit dostatečnou izolaci a prodyšnost. Tyto schopnosti však mohou být vlivem vnějších faktorů značně potlačeny. Vlhkost se šíří ve struktuře textilie difúzí, kapilárně a částečně sorpčně. Při odpařování této nahromaděné vlhkosti dochází k silnému ochlazování a s tím souvisejícímu pocitu chladu. Problém nastává v momentě snížení tělesné aktivity (jízda z kopce), kdy rapidně klesne produkce tělesného tepla, a je potřeba využít izolačních vlastností dresu. Nahromaděná vlhkost je vlivem okolního rychlého proudění vzduchu velmi účinně odpařována, a tím je člověk ještě více ochlazován. Proudící vzduch vniká do struktury textilie, mísí se a vyměňuje se zadržovaným ohřátým vzduchem. V tomto okamžiku je naprosto neúčinná funkce tepelné izolace a dochází k nadměrnému ochlazování těla. Ochlazení svalstva a snížení tělesné teploty sportovce, které vede k celkovému zpomalení metabolismu, svalovým třesům, a znemožňuje opětovné nasazení veškerého sportovcova výkonu. V tuto chvíli lze tedy mluvit přímo o diskomfortu pro sportovce. Za účelem zvýšení tepelné izolační funkce by bylo nutné bezprostředně zvětšit vzduchovou mezivrstvu oděvu a lidského těla, aby nedocházelo k tak rychlé výměně ohřátého vzduchu.

Syntetické materiály neumožňují a zabraňují sorpci vlhkosti do své struktury. Vlákná, příze a samotné pleteniny jsou konstruovány tak, aby odvedly a odpařily vlhkost okamžitě při její produkci, za účelem potlačení právě tohoto chladivého efektu.

V období fyzické aktivity cyklisty je toto šíření vlhkosti a vzduchu obsaženého v textilií podporováno fyzickou stimulací oděvu, při pohybu dochází k mechanickému namáhání a tření. Vlivem tohoto namáhání je tedy usnadněna a zrychlena výměna vlhkého vzduchu ve struktuře textilie, a tím dochází ke stimulaci efektu ochlazování.



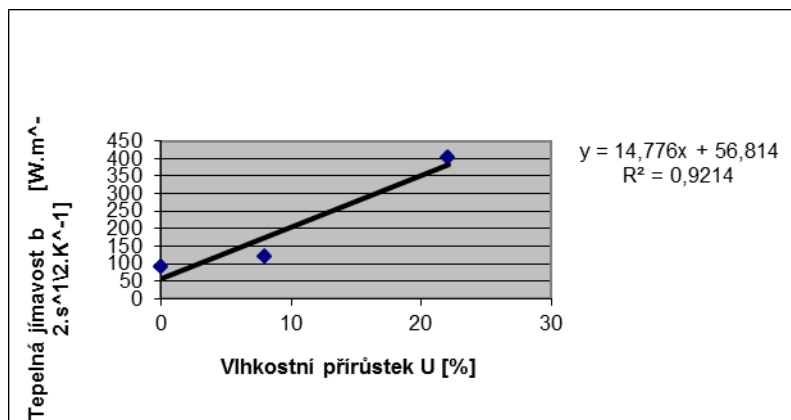
Vliv vlhkostního přívažku na tepelnou jímavost dresu:

Měření se provádí po vysušení vzorku v klimatizačním boxu při teplotě 105°C po dobu 2 hodin. Následuje zvážení suché hmotnosti materiálu, ustálení za okolní vlhkosti a teploty. Dále smáčení v roztoku vody a NaCl v poměru přibližnému lidskému potu (asi 1% roztok NaCl). Po určité době, kdy je vlhkost vstřebána do struktury textilie, se vzorek opět zváží a vypočte se vlhkostní přívažek U.

$$U = [(m_{\text{vlhká}} - m_{\text{suchá}}) / m_{\text{suchá}}] \cdot 100 [\%]$$

m..... [kg]

Graf č.: 1 Vliv vlhkostního přívažku na tepelnou jímavost dresu <sup>8</sup>



Zvlhčení textilie potem tedy významně a přímo úměrně zvyšuje její tepelnou jímavost, což potvrzuje předchozí tvrzení o snížení teplotního komfortu.

8 Straka Š.: Komfort cyklo-dresů firmy AUTHOR a jeho využití v marketingu. Bakalářská práce, TUL- FT, Liberec 2008

Materiály používané k výrobě pletených cyklistických dresů:

- Polyester

Polyesterová vlákna jsou v současnosti nejvíce požívaná. Vyrábějí se technologií polykondenzace tereftalové kyseliny a etylénglykolu. Zvlákňují se z taveniny. Jejich tvar je různý podle tvaru použité zvlákňovací trysky. Variace tvaru vláken přináší různé výhody, spočívající především ve zvětšení plochy vlákna samotného. Lze je pouze povrchově barvit. Jsou odolná proti působení UV záření, krátkodobě odolávají i zvýšeným teplotám (např. při žehlení). Vynikají velmi nízkou navlhavostí, jsou odolná vůči organickým rozpouštědlům, jsou také částečně elastická. Teplota tání cca 260°C, měknutí cca 230°C.

- Polyamid

Syntetická vlákna několika typů, nejpoužívanější polyamid 6 (Silon) a polyamid 6.6 (Nylon), liší se molekulární strukturou a některými vlastnostmi. Zvlákňují se z taveniny do šachty, následuje dloužení. Polyamidová vlákna jsou lehká, pevná, mají dobrou tažnost a odolnost, jsou tvarově stálá.

## **4 Uvedený dres doplněn jednoduchým přídavným zařízením na zvyšování tepelného odporu**

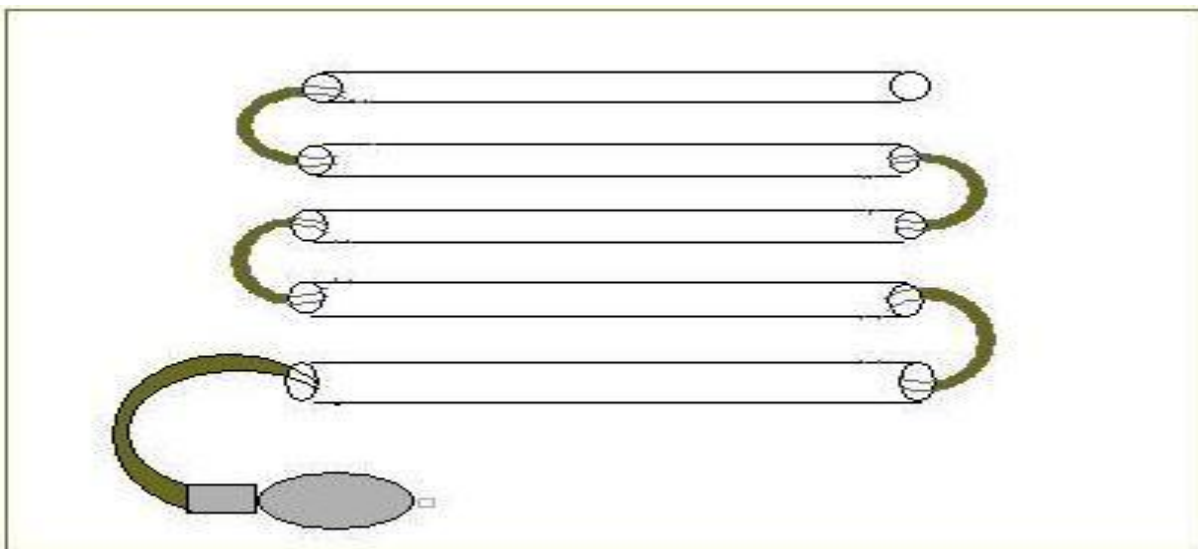
### **4.1 Popis konstrukce přídavného zařízení**

Zakoupený cyklistický dres, (viz kapitola 3.4), byl doplněn o jednoduchý systém polypropylénových trubiček. Trubičky, o poloměru cca 1 cm, jsou vyříznuty z běžně dostupných kancelářských ochranných fólií a ve švech tepelně svařeny. Jednotlivé trubičky jsou mezi sebou sériově propojeny silikonovou hadičkou. Pět takto vytvořených vzduchových komor je započito pod přidanou podšívku, která je ze stejného materiálu, jako je dres samotný, v oblasti beder. Je možné je zcela, nebo jen částečně naplnit vzduchem pomocí připojené pumpičky.

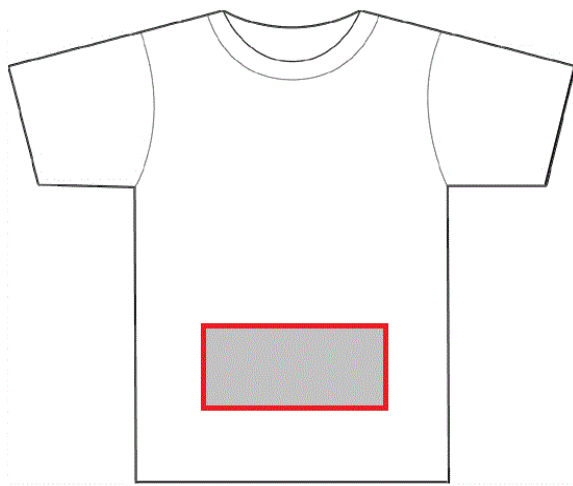
K vypuštění vzduchu ze systému dojde po uvolnění samovolně, vlivem pružnosti textilního materiálu. Takto vytvořená vzduchová mezera, v samotných tubičkách i prostory mezi nimi, by měla významně přispět ke zvýšení tepelně-izolačních vlastností v této oblasti.

Oblast spodní části zad byla účelně zvolena z důvodu umístění ledvin, které vytvářejí svou činností značné množství tepla, které je v těchto místech nejvíce odváděno do okolí. Zvětšená izolace v těchto místech by měla významně zmenšit tepelné ztráty organismu a využití takto neztraceného tepla k transportu do více ochlazovaných míst, kde je potřeba. Jak bylo dříve řečeno, může být toto teplo využito k transportu do svalových tkání, kterým chceme zabránit v prochladnutí, a tím snížení jejich výkonů. Aplikací tohoto zařízení je možno zvýšit místní tloušťku až o 10mm.

Obr. č.: 5: schéma propojení trubiček přídavného vzduchového zařízení



Obr. č.: 6: umístění systému vzduchových komor- záda



Samotné nafouknutí a vyfouknutí komor je velmi jednoduché a rychlé. Toto zařízení přináší zvýšení tepelně- izolačních schopností v daném místě, ale aplikace přinese také značné snížení prodyšnosti. V následující kapitole bude popsáno měření a výsledky zkoušky.

## **5 Závislost tepelného a výparného odporu upraveného dresu na tloušťce přídavné vzduchové mezivrstvy**

### **5.1 Měření závislosti výparného odporu na tloušťce vložené mezivrstvy- Permetest**

Postup práce:

- 1) Po zapnutí přístroje sladit teplotu měřící hlavy s teplotou vnějšího okolí ( $22 \pm 2$  °C).
- 2) Přepínačem polohu 1, vynulovat zapisovač, zvolit rozsah citlivosti 2-5 mV, zvolit rychlost posuvu papíru.
- 3) Příprava vzorku zvlášť z každého materiálu.
- 4) Zvlhčit měřící plochu jednou kapkou destilované vody se smáčivým prostředkem a rozetřít po ploše.
- 5) Nechat ustálit .....3-4 dílky na grafu.
- 6) Po ustálení stavu na zapisovači (30 sec.) odečíst maximální hodnotu na měřítku zapisovače  $p_0$  [mV].
- 7) Vložit vzorek materiálu do přístroje a po ustálení (3-5 minut) odečíst maximální hodnotu na měřítku zapisovače  $p_1$  [mV].
- 8) Vyndat vzorek a opět vstříknout kapku vody.
- 9) Postup opakovat pro všechny vzorky a zvolenou soustavu.
- <sup>10)</sup> Vypočítat hodnoty relativní propustnosti vodních par materiálem.



Tabulka č.: 3 naměřené hodnoty výparného odporu a relativní propustnosti vodních par-Permetest

	Měření A	Měření B	Měření C	Měření D
<b>Výparný odpor Ret [m<sup>2</sup>.Pa/W]</b>	<b>2,2</b> ( V= 8,1%)	<b>14,8</b> ( V= 4,1%)	<b>18</b> ( V= 7,6%)	<b>21,2</b> ( V= 13,3%)
<b>Relativní propustnost vodních par P [%]</b>	<b>75,8</b> (poč. měření: 5 V=2,0%)	<b>38,6</b> (poč. měření: 5 V= 5,1%)	<b>32,1</b> (poč. měření: 5 V= 6,2%)	<b>24</b> (poč. měření: 5 V= 9,4%)

Počet měření pro každý vzorek: n= 5; variační koeficient V [%]

Měření A: Cyklistický dres bez vložené vzduchové mezivrstvy

Měření B. Cyklistický dres s vloženou vzduchovou mezivrstvou bez naplnění vrstvy  
vzduchem

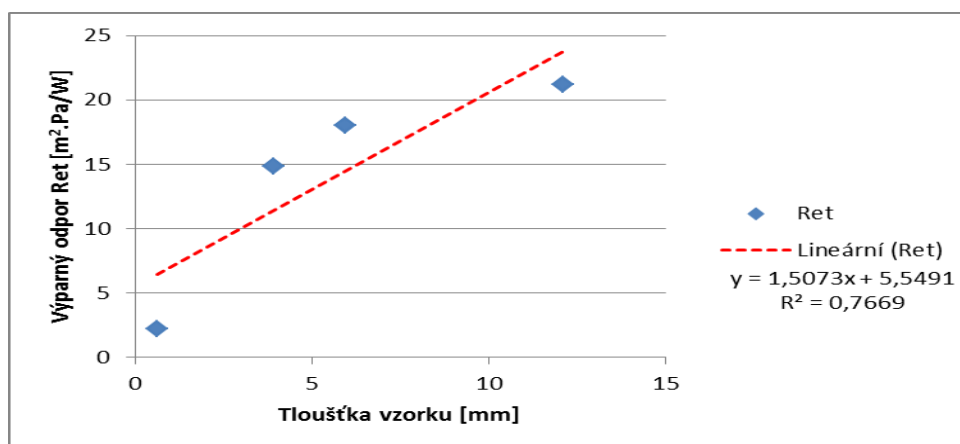
Měření C: Cyklistický dres s vloženou vzduchovou mezivrstvou s částečným naplněním  
vzduchem

Měření D: Cyklistický dres s vloženou vzduchovou mezivrstvou zcela naplněn vzduchem

<sup>9</sup> Dostupné z [http://tuni.tul.cz/obrazky-k-clanku/3481/1/ ] dne 4.4.2013

Z naměřených hodnot je zcela jasně patrné, že výparný odpor po vložení a nafouknutí vzduchové mezivrstvy výrazně stoupá. Nejvýrazněji stoupne ihned po vložení mezivrstvy, během jejího zvětšování pak již neroste tak znatelně. Je to zapříčiněno vložním nepropustných trubiček a další vrstvy textilního materiálu ve formě podšívky. Schopnost vzorku propouštět vodní páry se z tohoto důvodu také značně zmenšuje. S aplikací vzduchové mezivrstvy tedy bezprostředně klesá paropropustnost a roste výparný odpor. Tloušťka měřeného vzorku textilie pro zobrazení grafu byla odhadnuta dle naměřené tloušťky vzorku na Alambetě za stejných podmínek.

Graf č.: 2 závislost výparného odporu Ret na vložné mezivrstvě



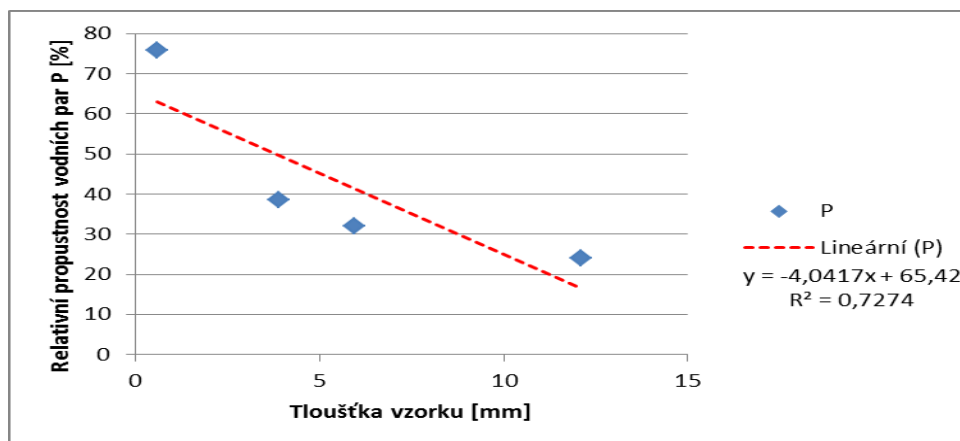
Vzorec č.1: Lineární regresní přímka:  $y = ax + b$ ;  $a = [n \cdot \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i] / [n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2]$ ;

$b = [\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum x_i y_i] / [n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2]$ ;

$a = (4.422,65 - 22,56 \cdot 56,2) / (4 \cdot 197,3538 - 508,9536) = 1,5073$

$b = (197,3538 \cdot 56,2 - 22,56 \cdot 422,65) / (4 \cdot 197,3538 - 508,9536) = 5,5491$

Graf č.: 3 závislost relativní propustnosti pro vodní páry P na vložné vzduchové mezivrstvě



## 5.2 Měření závislosti tepelného odporu na tloušťce vložené mezivrstvy- Alambeta

Podstatou funkce přístroje je matematické zpracování časového průběhu tepelných toků, od neustáleného až do ustáleného stavu, které procházejí v důsledku rozdílných teplot spodního a horního povrchu zkoušenou textilií.

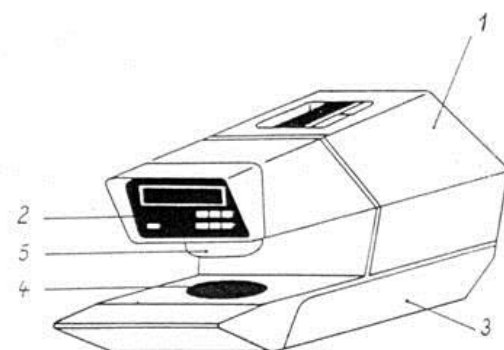
Zkoušený vzorek musí mít minimální rozměry 150x150 mm.

Postup zkoušky:

- 1) Zapnutí přístroje Alambeta, hlavice přístroje se nahřívá na požadovanou teplotu (5-15 min).
- 2) Po ohřevu se krátkodobě hlavice spustí na základnu. Konec přípravy je signalizován zvukovým znamením a hlášením „rdL“.
- 3) Vložit vzorek do měřicího prostoru (rubem nahoru) tak, aby pokryl kruhovou vložku základny, a stisknout tlačítko ST. Zobrazí se hlášení run, hlavice je spuštěna na vzorek.
- 4) Měření probíhá 10-100 sekund, poté se hlavice zvedne a zobrazí se označení a hodnota předvolené veličiny. Další veličiny se zobrazí po opakovaném stisknutí tlačítka RL.
- 5) Vložení do statistického zpracování: stisknutí a uvolnění tlačítka EN při měření každého vzorku z celkového souboru 5- ti měření.
- 6) Vzorek vyjmout a opakovat postup měření dalšího vzorku, popřípadě vrstvy podle bodu 3) a 5).
- 7) Současné stisknutí tlačítek EN a RL přepíná navzájem zobrazení výsledků posledního měření a statistik souboru. Pomocí tlačítka RL se zobrazí statistické hodnoty souboru 5- ti měření u všech měřených parametrů. Nejprve se zobrazí průměr.
- 8) Zmáčknutí tlačítka EN a ST ruší výsledky měření.

- 1 Vyhodnocovací část, umožňuje pohyb měřicí hlavy a zajišťuje její definovaný přítlak
- 2 Ovládací panel s displejem
- 3 Rám a plášť jednotky
- 4 Měřicí podložka
- 5 Vyhřívací měřicí hlavice

Obr. č.: 8: Alambeta <sup>10</sup>



10 Dostupné z [<http://www.textiletodaybd.com/magazine/printable.php?id=163> ] dne 4.4.2013

Měření A: Cyklistický dres bez vložené vzduchové mezivrstvy

Měření B: Cyklistický dres s vloženou vzduchovou mezivrstvou bez naplnění vrstvy  
vzduchem

Měření C: Cyklistický dres s vloženou vzduchovou mezivrstvou s částečným naplněním  
vzduchem

Měření D: Cyklistický dres s vloženou vzduchovou mezivrstvou zcela naplněn vzduchem

Tabulka č.: 4 naměřené hodnoty tepelné vodivosti, jímavosti, plošného odporu vedení  
tepla, tloušťky a hustoty tepelného toku na přístroji Alambeta

	Měření A	Měření B	Měření C	Měření D
<b>Tepelná vodivost <math>\lambda</math></b> [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	0,0429 (V=5,2%)	0,0461 (V=2,1%)	0,0570 (V=5,1%)	0,0617 (V=7,2%)
<b>Tep. jímavost b</b> [W.m <sup>2</sup> .s <sup>1/2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	151 (V=2,8%)	46,9 (V=9,7%)	44,8 (V=16,3%)	22,9 (V=51,2%)
<b>Plošný odpor vedení tepla r</b> [W <sup>-1</sup> .K.m <sup>2</sup> ]	0,0103 (V=4,5%)	0,0915 (V=3,5%)	0,122 (V=8,1%)	0,205 (V=8,3%)
<b>Tloušťka [mm]</b>	0,61 (V=3,1%)	3,91 (V=2,2%)	5,94 (V=9,0%)	12,1 (V=2,4%)
<b>Hustota tepelného toku</b> [W.m <sup>2</sup> ]	0,443 (V=3,2%)	0,159 (V=18,3%)	0,121 (V=26%)	0,080 (V=45,3%)
<b>Počet měření n</b>	5	5	5	5

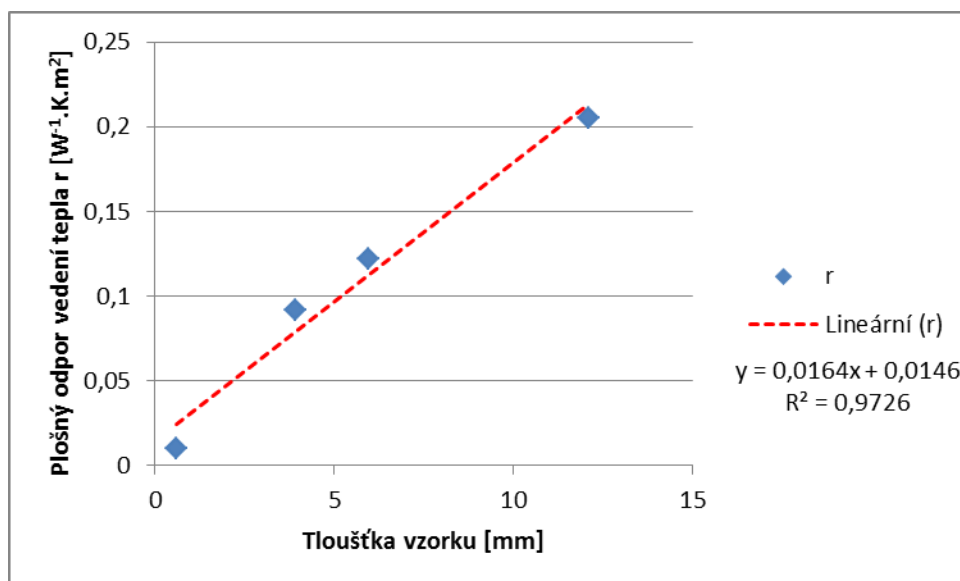
V.... variační koeficient [%]

Po vložení a nafouknutí vzduchové mezivrstvy tepelný odpor velice razantně stoupá, zvětšuje se schopnost tepelné izolace v oblasti mezivrstvy. Materiál má větší rezistenci proti přijímání tepla. Tepelná jímavost po aplikaci mezivrstvy klesá, tzn., že budeme pociťovat teplejší omak.

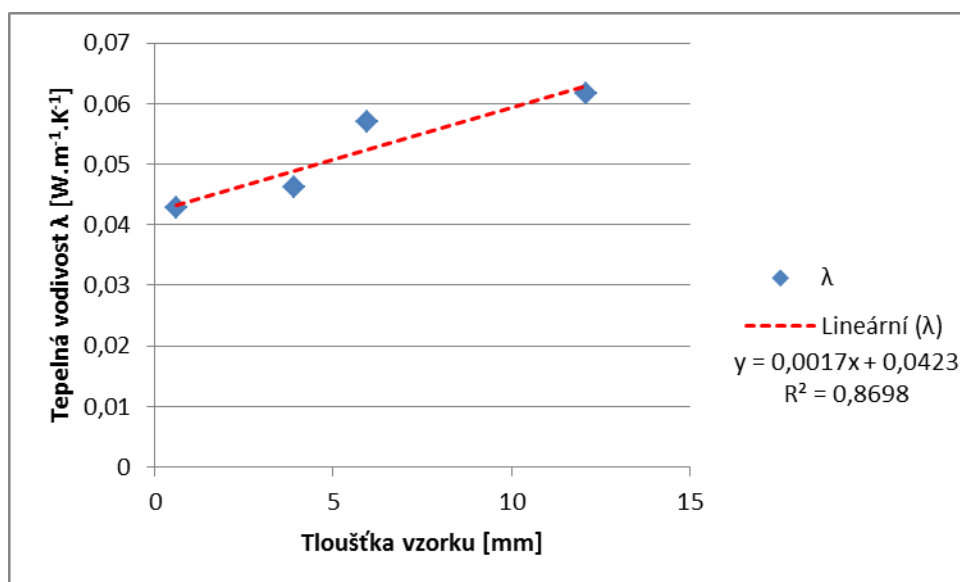
Naproti tomu částečně roste tepelná vodivost, což znamená, že po vložení mezivrstvy projde vzorkem o dané tloušťce za určitou dobu větší množství tepla potřebného k vytvoření rozdílu teplot 1K.



Graf č.: 4 závislost plošného odporu vedení tepla na tloušťce s /bez vložené vzduchové mezivrstvy



Graf č.: 5 závislost měrné tepelné vodivosti na tloušťce měřené části dresu s/bez vzduchové mezivrstvy



### 5.3 Měření prodyšnosti v závislosti na tloušťce vložené mezivrstvy- FX 3300

Podstatou zkoušky je měření propustnosti vzduchu skrz vzorek textilie. Tato vlastnost je různě důležitá pro různé druhy oděvů. U zimních bund a oblečení pro extrémní, větrné, chladné podmínky je vyžadována co nejmenší prodyšnost. Naopak sportovních triček je prodyšnost důležitou vlastností. Princip měření je založen na vytvoření rozdílného tlaku na obou stranách měřené textilie, následného měření průtoku vzduchu z místa většího tlaku na místo nižšího tlaku. Zkouška je nedestruktivní, měří se vzorek o ploše  $50\text{mm}^2$  a jednotkou měření je  $\text{l. m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Měřený vzorek se vloží pod upínací rameno, a přístroj se tím uvede do chodu, během krátké chvíle je zobrazována naměřená hodnota prodyšnosti. Tlak vzduchu byl stanoven na 100Pa.

Tabulka č.: 5 naměřené hodnoty prodyšnosti na přístroji FX 3300

	Měření A	Měření B	Měření C	Měření D
<b>prodyšnost [<math>\text{l. m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}</math>]</b>	972,35	537,2	489,03	464,62
<b>variační koeficient V [%]</b>	2,19	3,31	4,15	3,19

Poč. měření... 5

Měření A: Cyklistický dres bez vložené vzduchové mezivrstvy

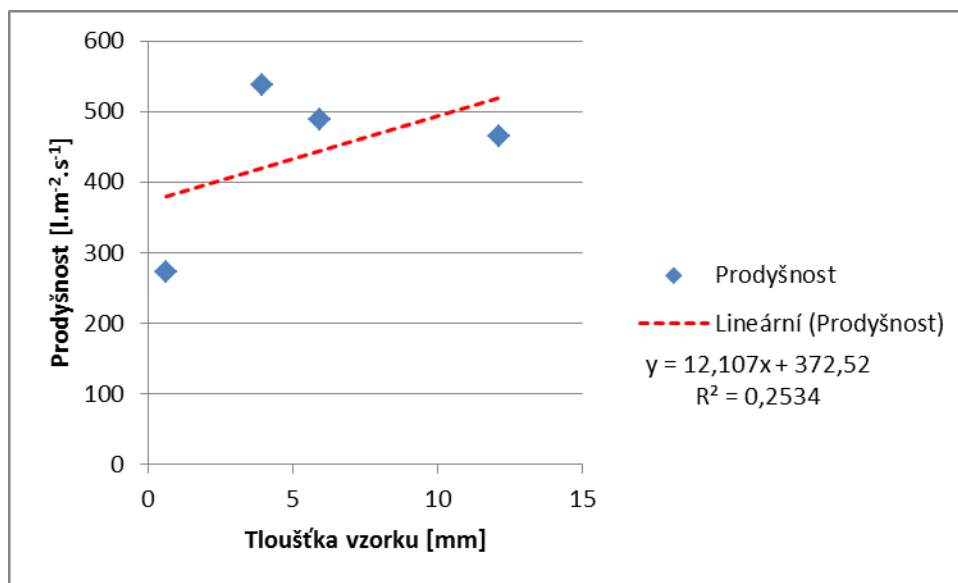
Měření B: Cyklistický dres s vloženou vzduchovou mezivrstvou bez naplnění vrstvy  
vzduchem

Měření C: Cyklistický dres s vloženou vzduchovou mezivrstvou s částečným naplněním  
vzduchem

Měření D: Cyklistický dres s vloženou vzduchovou mezivrstvou zcela naplněn vzduchem

Vložením přídatného systému na zvyšování tepelného odporu prodyšnost vzorku výrazně klesá. Samotným vložením systému bez nafouknutí klesne prodyšnost skoro na polovinu hodnoty pro samotný dres. Materiál klade zvýšený odpor pro prostup vzduchu jeho strukturou. Postupným nafukování pak prodyšnost lehce stoupá vzhledem k vytvoření větších prostor mezi trubičkami, a tím otvorů pro prostup vzduchu. Materiál klade zvýšený odpor pro prostup vzduchu jeho strukturou.

Graf č.: 6 závislost prodyšnosti na tloušťce měřené části dresu s/bez vzduchové mezivrstvy



Všechna měření probíhala v laboratorních podmínkách KHT TUL při teplotě okolního vzduchu  $t = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$  a relativní vzdušné vlhkosti  $\Phi = 53\%$ .

## 6 Tepelný odpor vzduchové mezery

### 6.1 Tepelný tok

Tepelným tokem nazýváme tok vnitřní energie, který přechází od tělesa s vyšší teplotou k tělesu s nižší teplotou při jejich těsném styku, anebo tok proudící prostředím, jímž jsou obklopena a kterým může procházet tepelné (teplotní) vyzařování (sálání).

## 6.2 Sdílení tepla

Rozlišujeme 3 druhy sdílení tepla:

- 1) Vedením (kondukcí), při němž se teplo šíří pouze v důsledku tepelného pohybu strukturálních částic hmoty (molekul, atomů a volných elektronů). V ryzí formě nastává sdílení tepla vedením v tuhých tělesech a ve velmi tenkých nepohybujících se vrstvách kapalin nebo plynů.
- 2) Prouděním (konvekcí), při němž se teplo šíří účinkem tepelné vodivosti a bezprostředního směšování molárních (složek tvořených velkým počtem molekul) částí prostředí z jedné oblasti prostoru do druhé. Sdílení tepla prouděním nastává v pohybujících se kapalinách, plynech a sypkých látkách.
- 3) Sáláním (radiací), při němž se teplo přenáší z jednoho tělesa na druhé účinkem elektromagnetického vlnění mezilehlým prostředím, jímž tepelné záření může procházet. Při tomto pochodu se část vnitřní energie vyzařujícího tělesa mění ve vyzařovanou energii, která se šíří elektromagnetickým polem, a znovu se transformuje v energii tepelných pohybů strukturálních částic při dopadu na druhé (ozařované) těleso.

Přestup tepla.

K přestupu dochází výměnou tepla mezi stěnou tuhého tělesa a obtékající kapalinou nebo plynem.

Prostup tepla.

Jedná se o sdílení tepla mezi dvěma prostředími, které jsou odděleny nějakou stěnou. Tepelný odpor stěny složené z několika vrstev se pak rovná součtu tepelných odporů jednotlivých částí. Vzorec č.2: Celkový tepelný odpor systému  $R_c = \sum R_i$

### 6.3 teoretický výpočet tepelného odporu systému

V našem případě budeme uvažovat množství tepla, které prostoupí mezivrstvou od povrchu pokožky přes vzduchovou mezivrstvu a vrchní vrstvu dresu. Celkový tepelný odpor mezivrstvy se tedy bude rovnat součtu odporů látky a vzduchové mezivrstvy.

Lidská pokožka (33°C) → mezera vzduchu o tloušťce  $h$  a měrné tepelné vodivosti  $\lambda$  → vrstva textilie o tloušťce  $h$  a tepelné vodivosti  $\lambda$  → tepelný odpor mezní vrstvy

V případě že nevzniká volná konvekce: Vzorec č.3: Tepelný odpor  $R = h / \lambda$  [ $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ ].

Celkový tepelný odpor  $R$  se tedy rovná:

$$h_{\text{vzduchové mezery}} / \lambda_{\text{vzduchu}} + h_{\text{vrstvy textilie}} / \lambda_{\text{textilie}} + R_{\text{mezní vrstvy}}$$

Vzorec č.4: Tepelný odpor mezní vrstvy  $R_{\text{mezní vrstvy}} = 1 / \alpha_{\text{ekv}} \cdot \lambda_{\text{ekv}}$

Pro výpočet celkového tepelného odporu je nutné tedy ještě dopočítat velikost ekvivalentní tepelné vodivosti  $\lambda_{\text{ekv}}$ .

Mezní vrstva- teplo prochází stěnou z teplejší na chladnější stranu. Tenká vrstva podél povrchu stěny tvoří tzv. mezní vrstvu, kde dochází k laminárnímu proudění právě podél této stěny. Mezní vrstva má tepelně izolační vlastnosti, protože teplo, které skrze ni prochází, se nepřenáší prouděním, ale vedením touto vrstvou. Tím se teplota na povrchu mezní vrstvy snižuje.

Pro teoretický výpočet použijeme kritérium pro volnou konvekci- tzv. Rayleighovo kritérium pro volnou konvekci.

Vzorec č.5: Rayleighovo kritérium  $Ra = Gr \cdot Pr$

Prandtlovo kritérium říká, že k přenosu energie- hybnosti molekul dochází vlivem rychlostního gradientu proudění a k přenosu tepla v důsledku gradientu teplot. Hodnoty Prandtlova kritéria jsou tabelovány podle počtu atomů v molekule plynu- tzn. pro každý plyn je tato hodnota jiná a lze ji najít v příslušné tabulce (pro vzduch přibližně 0,7).

Vzorec č.6: Prandtlovo kritérium  $Pr = \nu / a$

kde  $\nu$  je kinematická viskozita, svázaná s dynamickou viskozitou vztahem:

Vzorec č.7: Kinematická viskozita  $\nu = \eta / \rho$  [ $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ]; dynamická viskozita  $\eta$  [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ]; hustota plynu  $\rho$  [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ]

Teplotní vodivost  $a$  je definována vztahem:

Vzorec č.8: Teplotní vodivost  $a = \lambda / \rho \cdot c_p$  [ $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ]

$c_p$ ... měrná tepelná kapacita plynu [ $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ]

Grashofovo číslo je určeno vztahem:

Vzorec č.9: Grashofovo číslo  $Gr = [\beta \cdot (T_1 - T_2) \cdot g \cdot L^3] / \nu^3$

Kde  $\beta$  je součinitel teplotní objemové roztažnosti plynu při konstantním tlaku,  $g$  je gravitační zrychlení,  $L$  je rozměrová charakteristika tělesa a  $\nu$  je kinematická viskozita plynu.

Nejprve spočítáme Rayleighovo kritérium:

Vzorec č.10: Rayleighovo kritérium  $Ra = [g \cdot L^3 \cdot \beta \cdot (T_1 - T_2)] / \nu \cdot a$

$L$ ... charakteristický rozměr tělesa- v našem případě výška vzduchové vrstvy cca 1cm= 0,01m

$\beta$ ... součinitel přenosu tepla konvekcí  $\beta = 1/t_{\text{střední}} [^\circ\text{C}] + 273,15 [\text{K}] = 1/28 + 273,15 = 0,00332$  (t okolí vhodnou pro tento oděv bereme  $23^\circ\text{C}$ )

$T_1 - T_2 = (33[^\circ\text{C}] + 273,15[\text{K}]) - (23[^\circ\text{C}] + 273,15[\text{K}]) = 10 [\text{K}]$

$\nu$ ... kinematická viskozita pro vzduch při střední teplotě děje  $28^\circ\text{C} = 16,1 \cdot 10^{-6} [\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}]$

$a$ ... teplotní vodivost pro vzduch při střední teplotě děje  $28^\circ\text{C} = 23,3 \cdot 10^{-6} [\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}]$

$Ra = (9,81 \cdot 0,01^3 \cdot 0,00332 \cdot 10) / (16,1 \cdot 10^{-6} \cdot 23,3 \cdot 10^{-6}) = 1305,12$

Z výsledku vyplývá, že systém není v rovnovážném stavu ( $Ra \neq 0$ ), ale dochází k přestupu tepla.

Pro volnou konvekci v mezeře platí:

Vzorec č.11: Přenesené teplo volnou konvekci v mezeře  $q = \lambda_{\text{ekv}} / \delta$

$\delta$ ...tloušťka [m]

Vzorec č.12:  $\lambda_{\text{ekv}} = \lambda \cdot [1 + (m \cdot Ra^n) / (K + Ra)] [\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$

$\lambda$ ... měrná tepelná vodivost- v tomto případě vzduchu  $[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$

$Ra$ ... Rayleighovo číslo

$m, K, n$ ... koeficienty pro volnou konvekci ve svislé mezeře

$\lambda_{\text{ekv}} = 0,026 \cdot [1 + (0,02363 \cdot 1305,12^{1,393}) / (10,1 \cdot 10^3 + 1305,12)] = 0,027 [\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$

Nyní tedy lze spočítat celkový tepelný odpor celého systému

$$R_{\text{celkový}} = h_{\text{vzduchové mezery}} / \lambda_{\text{vzduchu}} + h_{\text{vrstvy textilie}} / \lambda_{\text{textilie}} + R_{\text{mezní vrstvy}}$$

$$h_{\text{vzduchové mezery}} \dots 0,01 \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{vzduchu}} \dots 0,026 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$h_{\text{vrstvy textilie}} \dots 0,00061 \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{textilie}} \dots 0,0429 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \text{ (změřeno na Alambetě)}$$

$$\text{Vzorec č.13: Tepelný odpor mezní vrstvy } R_{\text{mezní vrstvy}} = 1 / \alpha \cdot \lambda_{\text{ekv}} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}]$$

$\alpha \dots$  součinitel přestupu tepla

$$\text{Vzorec č.14: Součinitel přestupu tepla } \alpha = 8,3 \cdot \sqrt{v} \text{ kolem proudícího vzduchu } [\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

(bereme rychlost cyklisty 30km/h= 8,33m/s)

$$R_{\text{mezní vrstvy}} = 1 / [(8,3 \cdot \sqrt{8,33}) \cdot 0,027] = 0,0417445 \text{ [m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}]$$

$$R_{\text{celkový}} = 0,01 / 0,026 + 0,00061 / 0,0429 + 0,041745 = 0,4406 \text{ [m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}]$$

Porovnáním tepelného odporu samotného dresu (+ tepelného odporu mezní vrstvy) s celkovým tepelným odporem po vložení vzduchové mezery je patrné, že se celkový tepelný odpor zvýší skoro 8x.

Značné množství tepelné energie je také vyzařováno z těla člověka ve formě sálání. Je částečně odraženo a pohlcováno do struktury textilie. Jak velké množství tepla bude odraženo nebo pohlceno a přeměněno zpět na tepelnou energii závisí na struktuře povrchu, schopnosti pohlcovat, či odrážet určité vlnové délky elektromagnetického záření (barva). Byla zavedena veličina poměrné pohltivosti těles  $\epsilon$ , která se účastní sdílení tepla sáláním. Velikost odevzdaného impulsu mezi molekulami je úměrná rozdílu jejich kinetických energií, tzn. rozdílu jejich teplot.

Teoretický výpočet hustoty tepelného toku v systému záření:

Vzorec č.15: Tepelný tok záření  $q_{\text{záření}} = [\sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4)] / (1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1) \text{ [W/m}^2\text{]}$

$\varepsilon_1$ ... součinitel poměrné tepelné pohltivosti pokožky... 0,9

$\varepsilon_2$ ... součinitel poměrné tepelné pohltivosti vrchní vrstvy černé barvy... 0,7

$\sigma$ ... Stefan-Boltzmannova konstanta...  $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

$T_1$ ... 306,15K (33°C)

$T_2$ ... 296,15K (23°C)

$q_{\text{záření}} = [5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (306,15^4 - 296,15^4)] / (1/0,9 + 1/0,7 - 1) = 40,24 \text{ [W/m}^2\text{]}$

Z hustoty tepelného toku lze spočítat tepelný odpor systému R a také součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  systému pro přenos tepla zářením:

Vzorec č.16: Tepelný tok záření  $q = \Delta t / R \text{ [m}^2 \cdot \text{K/ W]}$

tedy  $R = \Delta t / q$

$R = 10 / 40,24 = 0,24851 \text{ [m}^2 \cdot \text{K/ W]}$

Vzorec č.17: Tepelná vodivost  $\lambda = h / R \text{ [W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}\text{]}$

$\lambda = 0,01 / 0,24851 = 0,04024 \text{ [W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}\text{]}$

Z výsledku je tedy patrné, že tepelný odpor systému pro přenos tepla zářením tvoří cca 10% celkového tepelného odporu systému. Množství energie přenesené zářením tedy není natolik značné, ale tvoří významný podíl na celkovém tepelném toku v systému.

## 6.4 porovnání naměřených výsledků s teoretickým výpočtem

Teoretickým výpočtem bylo odhadnuto, že vložení vzduchové homogenní vrstvy mezi oděv a pokožku o tloušťce cca 10mm se může celkový tepelný odpor soustavy zvýšit skoro 8x. Praktickým měřením na přístroji Alambeta bylo zaznamenáno zvýšení tepelného odporu z původní hodnoty pro samotný dres (pouze 1 vrstva látky)  $R = 0,0103 \text{ [m}^2 \cdot \text{K/ W]}$  na  $R = 0,205 \text{ [m}^2 \cdot \text{K/ W]}$ . To znamená zhruba 19- ti násobné zvýšení tepelného odporu. Při teoretickém výpočtu byl zahrnut do porovnání pro samotný dres bez vložené mezivrstvy i tepelný odpor mezní vrstvy  $R = 0,041745 \text{ [m}^2 \cdot \text{K/ W]}$ , který touto hodnotou významně přispívá ke zvýšení celkového tepelného odporu.



Pro objektivnější hodnocení by bylo lépe jej nezahrnovat do porovnání vzhledem k tomu, že technologie měření na přístroji Alambeta nemůže simulovat, a zahrnout tak do výsledku měření tepelný odpor právě oné mezní vrstvy. Je to způsobeno tím, že měření tepelného toku probíhá mezi dvěma deskami, které jsou v přímém kontaktu s měřeným vzorkem pod přítlakem, to znamená, že během měření se nevyskytuje vzdušný prostor mezi měřeným vzorkem látky a měřicí hlavou, kde by vznikla mezní vrstva.

Po nezahrnutí tepelného odporu mezní vrstvy, by byl celkový teoretický tepelný odpor soustavy s vloženou mezivrstvou vzduchu přibližně  $0,399 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ , tepelný odpor samotného dresu potom  $0,0142 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ . Z toho vyplívá přibližně 28 násobný nárůst celkového tepelného odporu systému. Praktickým měřením byl zjištěn pouze 19- ti násobný nárůst hodnoty tepelného odporu.

Je to způsobeno především tím, že v praktickém modelu bylo dosaženo vytvoření vzduchové mezery soustavou kanálků z polypropylenových folií, a tím byla vytvořena nehomogenní struktura v mezivrstvě. V teoretickém výpočtu byla uvažována pouze homogenní vzduchová mezera, kterou nebylo možné ve skutečných funkčních podmínkách vytvořit.

## 7 Závěr

### 7.1 Subjektivní zhodnocení výsledků pokusu

Tepelný odpor  $R$  je fyzikální veličina, která vyjadřuje tepelně-izolační schopnost. Je přímo závislá na tloušťce  $d$  a součiniteli tepelné vodivosti  $\lambda$ . Při dosahování co nejvyšší hodnoty  $R$  je cílem, aby tloušťka izolační vrstvy byla co největší a hodnota  $\lambda$  jednotlivých součástí vrstvy co nejnižší. Tepelný odpor  $R$  vyjadřuje odpor  $1 \text{ m}^2$  konstrukce proti prostupu tepelné energie při rozdílu teplot  $1 \text{ K}$ . Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  vyjadřuje vlastnost materiálu vést teplo. Je to množství energie ve Wattedch, která projde vrstvou tloušťky  $1 \text{ m}$  při rozdílu teplot  $1 \text{ K}$ .

Součinitel tepelné vodivosti je materiálový parametr- veličina, charakterizující schopnost materiálu vést teplo. Čím je hodnota nižší, tím je kvalita tepelné izolace vyšší a teplo uniká přes takový materiál pomaleji.

Hustota tepelného toku mezi dvěma tuhými plochami, které ohraničují vrstvu, se spočítá ze vztahu:  $i = - \lambda \cdot (t_1 - t_2) / d$  [W/m<sup>2</sup>], kde  $t_1$  a  $t_2$  jsou teploty právě těchto tuhých ploch. Když neuvažujeme proudění mezi těmito plochami. U silnějších vrstev dochází k jevu, kdy tepelně izolační schopnost s rostoucí tloušťkou začne klesat. Je to způsobeno tím, že v silnějších vzduchových vrstvách dochází k proudění, a bývá již znatelný přestup tepla radiací. Je tedy nutné tyto vzduchové vrstvy rozdělit tak, aby se znemožnil pohyb a výměna vzduchu v těchto prostorech, ke zmenšení přenosu tepla radiací, a z toho vyplývajících tepelných ztrát, je možné zamezit vložení reflexní vrstvy, která je schopna odrazet značné množství tepelného záření. V textilních materiálech se používají např. stříbrná vlákna, ovšem tyto odrazové vrstvy mají zase velmi vysoký součinitel tepelné vodivosti. Hodnoty tepelné vodivosti také rostou v pevných tělesech s jejich zvyšující- se teplotou. Je to způsobeno tím, že se molekuly pevných těles s jejich rostoucí energií- teplotou pohybují stále po větších drahách, vzájemně se kříží, a tím umožňují rychlejší vzájemnou výměnu kinetických energií. Nulový součinitel tepelné vodivosti by mělo vakuum, v praxi zcela nedosažitelný jev pro danou konstrukci, kdy absence pohyblivých molekul zcela znemožní přenos jakékoliv energie. Nejnižší tepelnou vodivost má v našem okolí vzduch, např. mezi tabulkami oken se používají některé plyny, které mají ještě o něco menší tepelnou vodivost. Jako nejdokonalejší dostupné izolační prostředí je tedy prostředí vzduchu. Vzduch je nutné v textiliích fixovat v malých objemech a zabezpečit proti jeho samovolnému úniku a mísení. Neizolovaná místa je pak třeba zabezpečit proti dalším únikům.

Složitější struktura textilie, stejně tak jako nadměrné zvětšování tloušťky izolace, nemusí vždy vést k uspokojivým výsledkům. U textilií- oděvů je kladen nárok na komfort z mnoha hledisek a tepelná izolace je jen jedním z nich. Proto je třeba pro každý oděv najít optimální kombinaci jak tepelné izolace, tak prodyšnosti a propustnosti pro vodní páry, aby bylo dosaženo celkového komfortu pro nošení v daných podmínkách pro daný účel. Během pokusu bylo zjištěno a dokázáno, že přidáním systému pro zvýšení tepelně-izolačních vlastností vzorku je zároveň dosaženo snížení prodyšnosti textilie.

Zvyšováním tepelného odporu během pokusu dochází sice ke zvětšování tepelného odporu, ale zároveň ke zhoršení vlastností z dalších hledisek komfortu oděvu. Tyto jevy jsou na sobě závislé. (viz grafy 3 a 4).

Vzhledem k tomu že byl tento jev očekáván ještě před započítáním pokusu, byl proto navrhnut oděv jen s místním systémem zvýšení tepelného odporu. Tím, že známe fyziologii lidského těla, můžeme odhadnout, která místa na povrchu lidského těla produkují zvýšené množství potu- vodních par, a jsou proto z hlediska komfortu náročnější na propustnost a odvod těchto vodních par ve směru od pokožky.

## 7.2 Ověření funkčnosti upraveného dresu při vlastní sportovní aktivitě

V kapitole 4.1 byl popsán záměr pokusu, jak by měl daný systém na zvýšení místního tepelného odporu fungovat a čeho by se mělo dosáhnout. O praktickém využití dresů jako oděvu pro cyklisty hovoří už jen ten fakt, že většina tomuto sportu aktivně se oddávajících cyklistů nosí tyto dresy. Funkčnost těchto dresů a optimální okolní teplota nošení je cca více jak 20°C. Ovšem ne vždy, kdy se cyklista vydá na vyjížďku, je venkovní teplota takto uspokojivá.

Praktická zkouška dresu s přídavným pokusným zařízením na zvyšování odporu nepřináší citelnou změnu komfortu. Vzhledem k tomu že na člověka při jízdě působí velké množství okolních faktorů, tak je obtížné se soustředit pouze na jednu věc, a proto její vjem není natolik silný, že by bylo znát nějakou změnu. Ano, několikanásobné zvýšení tepelného odporu v místech s velkou produkcí ledvin objektivně pomáhá toto teplo zadržet v těle člověka, funkčnost byla ověřena během laboratorních měření. Jak bylo již řečeno, aplikace takovýchto zařízení na zvýšení tepelného odporu má smysluplnou aplikaci pouze místně tak, aby se výrazně nesnižoval termofyziologický komfort z dalších hledisek.

Z vlastní zkušenosti používám zcela jiný systém oděvu pro cyklistiku, který se více ztotožňuje s mým estetickým cítěním, a zaručuje pohodlí i za mnohem nižších okolních teplot. Jako spodní vrstvu nosím sportovní tričko s prodloužením v zádech. Tím je mi zaručen komfort z hlediska hřejivého omaku, dobrému odvodu potu od pokožky. Jako další vrstvu volím volnou bundu s dlouhým rukávem (tzv. „flízku“). Během stoupání při zvýšené produkci tepla a potu ponechám bundu rozepnutou- volně vlát ve větru.

Tím dochází k proudění okolního vzduchu přímo kolem spodního trika, a tím velmi účinnému efektu ochlazování. Při jízdě z kopce používám bundu zapnutou- tím že je volná, vytvoří kolem těla vzduchovou mezeru, místy i 100mm, a tím se zase velmi účinně odizolují od okolního proudění chladného vzduchu. Samozřejmě, že volná bunda, ještě rozepnutá, výrazně zvětšuje aerodynamický odpor při jízdě, nicméně to na mou rekreační jízdu nemá citelný vliv.

#### POUŽITÁ LITERATURA:

- [1] Hes L., Sluka P.: Úvod do komfortu textilií, skripta TU Liberec 2005, ISBN 80-7083-926-0.
- [2] Kutateladze S. S., Borišanskij V. M.: Příručka sdílení tepla, Státní nakladatelství technické literatury n.p. 1962. 528 s.
- [3] Straka Š.: Komfort cyklo-dresů firmy AUTHOR a jeho využití v marketingu. Bakalářská práce, TUL- FT, Liberec 2008
- [4] Killar L.: Komfort fotbalového dresu a jeho využití při marketingu. Bakalářská práce, Tul- FT, Liberec 2006
- [5] Hemzal K.: Přenosové jevy v technickém prostředí, nakladatelství ČVUT Praha 2007

#### POUŽITÉ WEBOVÉ STRÁNKY:

- Obr. č.3: dostupné z: [<http://www.aticorporation.com/texttest.html>] dne 25.11.2012
- Obr. č.4: Dostupné z [<http://www.henselite.com.au/products/bowls-clothing/ladies-shirts-tops/henselite-promotional-shirts>] dne 26.2.2013
- Obr. č.7: Dostupné z [<http://tuni.tul.cz/obrazky-k-clanku/3481/1/>] dne 4.4.2013
- Obr. č.8: Dostupné z [<http://www.textiletodaybd.com/magazine/printable.php?id=163>] dne 4.4.2013

#### SEZNAM OBRÁZKŮ:

- Obr. 1 – Permetest
- Obr. 2 – Alambeta
- Obr. 3 – Textest
- Obr. 4 – pohyb vlhkosti v textilií WICKING
- Obr. 5 – schéma propojení trubiček přídatného vzduchového zařízení
- Obr. 6 – umístění systému vzdušných komor- záda
- Obr. 7 – Permetest
- Obr. 8 – Alambeta

#### SEZNAM TABULEK:

- Tab. 1 – cyklistický dres bez úprav- výsledky měření Alambeta
- Tab. 2 – cyklistický dres bez úprav- výsledky měření Permetest
- Tab. 3 – naměřené hodnoty výparného odporu a relativní propustnosti vodních par- Permetest
- Tab. 4 – naměřené hodnoty tepelné vodivosti, jímavosti, plošného odporu vedení tepla, tloušťky a hustoty tepelného toku na přístroji Alambeta
- Tab. 5 – naměřené hodnoty prodyšnosti na přístroji FX 3300

SEZNAM GRAFŮ:

Graf č. 1 – vliv hmotnostního přivažku na tepelnou jímavost dresu

Graf č. 2 – závislost výparného odporu na tloušťce měřené části dresu s/ bez vložené vzduchové mezivrstvy

Graf č. 3 – závislost relativní propustnosti pro vodní páry na vložené vzduchové mezivrstvě

Graf č. 4 – závislost plošného odporu vedení tepla na tloušťce měřené části dresu s/ bez vložené vzduchové mezivrstvy

Graf č. 5 – závislost měrné tepelné vodivosti na tloušťce měřené části dresu s/ bez vložené vzduchové mezivrstvy

Graf č. 6 – závislost prodyšnosti na tloušťce měřené části dresu s/ bez vložené vzduchové mezivrstvy

SEZNAM VZORCŮ POUŽITÝCH PRO TEORETICKÝ VÝPOČET:

[1] Lineární regresní přímka:  $y = ax + b$ ;  $a = [n \cdot \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i] / [n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2]$ ;

$$b = [\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum x_i y_i] / [n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2]$$

[2] Celkový tepelný odpor systému  $R_c = \sum R_i$  [ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ ]

[3] Tepelný odpor  $R = h / \lambda$  [ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ ]

[4] Tepelný odpor mezní vrstvy  $R_{\text{mezní vrstvy}} = 1 / \alpha \cdot \lambda_{\text{ekv}}$  [ $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ ]

[5] Rayleighovo kritérium  $Ra = Gr \cdot Pr$

[6] Prandtlovo kritérium  $Pr = \nu / a$

[7] Kinematická viskozita  $\nu = \eta / \rho$  [ $m^2 \cdot s^{-1}$ ]

[8] Teplotní vodivost  $a = \lambda / \rho \cdot c_p$  [ $m^2 \cdot s^{-1}$ ]

[9] Grashofovo číslo  $Gr = [\beta \cdot (T_1 - T_2) \cdot g \cdot L^3] / \nu^3$

[10] Rayleighovo kritérium  $Ra = [g \cdot L^3 \cdot \beta \cdot (T_1 - T_2)] / \nu \cdot a$

[11] Přenesené teplo volnou konvekci v mezeře  $q = \lambda_{\text{ekv}} / \delta$  [ $W / m^2$ ]

[12] Tepelná vodivost pro podmínky mezní vrstvy

$$\lambda_{\text{ekv}} = \lambda \cdot [1 + (m \cdot Ra^n) / (K + Ra)] \text{ [W} \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$$

[13] Tepelný odpor mezní vrstvy  $R_{\text{mezní vrstvy}} = 1 / \alpha \cdot \lambda_{\text{ekv}}$  [ $m^2 \cdot K / W$ ]

[14] Součinitel přestupu tepla  $\alpha = 8,3 \cdot \sqrt{\nu}$  kolem proudícího vzduchu [ $W / (m^2 \cdot K)$ ]

[15] Tepelný tok zářením  $q_{\text{záření}} = [\sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4)] / (1 / \epsilon_1 + 1 / \epsilon_2 - 1)$  [ $W / m^2$ ]

[16] Tepelný tok zářením  $q = \Delta t / R$  [ $m^2 \cdot K / W$ ]

[17] Tepelná vodivost  $\lambda = h / R$  [ $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ]